

外科矯正治療の仮想手術における3DCGデータとVRの活用法

Utilization of 3DCG data and Vurtial Reaity in virtual surgery for orthognathic surgery

○茶谷竜仁¹、古谷忠典¹、西方聡²、工藤章裕³、宇賀大⁴、田中聡⁴、遠藤憲雄¹、茶谷仁史¹

¹ユニ矯正歯科クリニック、²札幌東徳洲会病院 歯科口腔外科、³帯広第一病院 歯科口腔外科、⁴宇賀矯正歯科

Tatsuhito CHAYA¹, Tadanori FURUYA¹, Satoshi NISHIKATA², Akihiro KUDOU³, Masaru UGA⁴, Satoru TANAKA⁴, Norio ENDOU¹, Hitoshi CHAYA¹

¹Uni orthodontic clinic, ²Sapporo Higashi Tokushukai Hospital Dept. of Dentistry and Oral Surgery, ³Obihiro Dai-ichi Hospital Dept. of Dentistry and Oral Surgery, ⁴Uga Orthodontic office

【目的】

外科的矯正治療は矯正歯科医と口腔外科医の綿密な連携が不可欠であるが、治療計画の立案やその修正の伝達が円滑にできず、治療計画の実現に差異が生じることがある。当院では、矯正歯科医がコンピュータグラフィック（以下CG）を用いて、三次元画像の各種分析を説明している。さらに、Surgical Treatment Objective（以下STO）を作成する際に、実体模型やVirtual Reality(以下VR)等を活用し、コミュニケーションツールとして役立っている。CGによる手術シミュレーション、VR、実体模型での精度の差異について追加検証し、あわせて報告する。

【方法】

I) STOの作成

コーンビームCT（以下CBCT）を用いて、5人の患者から頭蓋骨および石膏模型のDICOMデータを得た。頭蓋顎顔面手術用仮想術前計画ソフトウェア（ProPlan CMF, Materialise、以下ソフト：写真1）を用いて上下顎骨の移動量および移動方向を設定し、STOを作成した。

それらからSTLデータを作成し、医療用VRシステム(HoloeyesXR,HoloEyes社)に投入し、VRゴーグル（Oculus Quest,Oculus ,WindowsMR,マイクロソフト：写真2）にて立体視と操作を行った。さらに、3Dプリンタ（ZENITH,ヨシダ, Form2, Formlabs：写真3）にて組み換え可能な実体模型（写真4）と干渉部の小骨片模型を作製した。

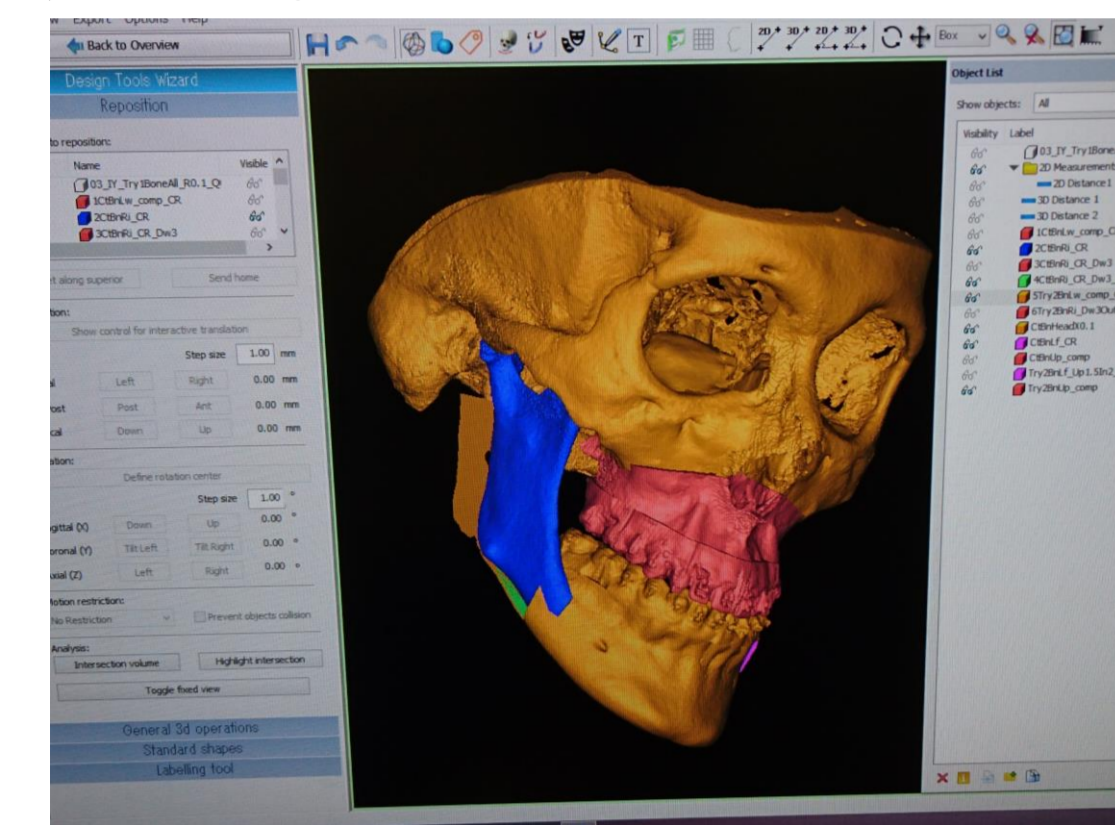


写真1: ソフト上の頭蓋骨



写真2: VRゴーグル 左：スタンドアロン型 右：PC接続型

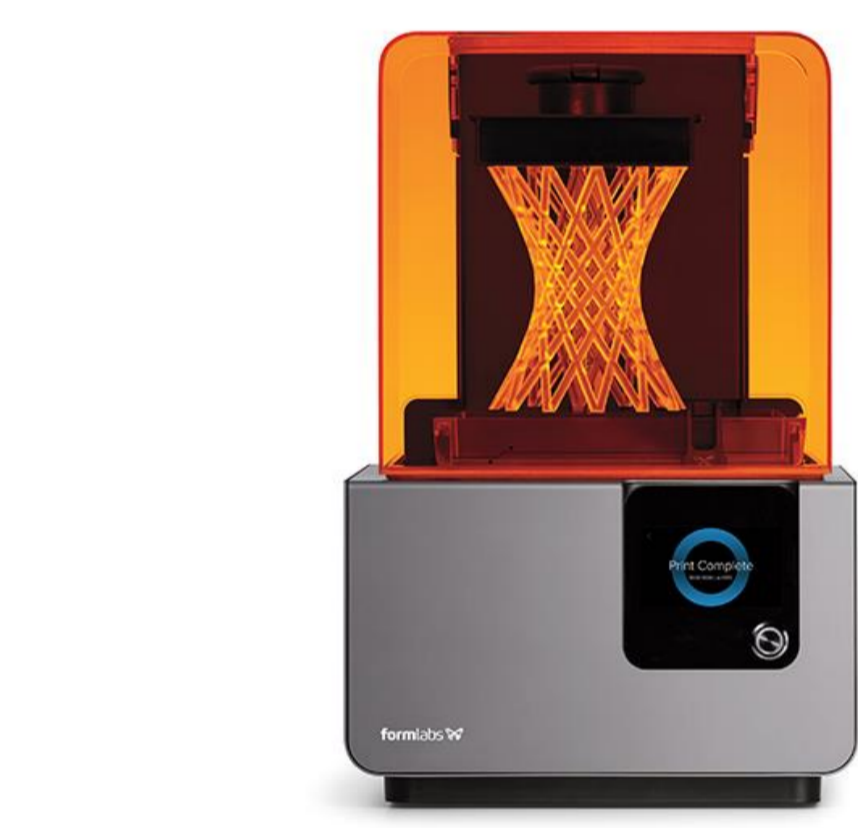


写真3: 3Dプリンタ



写真4: 組み換え可能な実体モデル



写真5: VRを用いたディスカッション風景



写真6: VRを用いた遠隔地でのディスカッションのテスト（東京-千葉-札幌）

CGを用いた仮想手術の結果から作成した実体モデルを使って手術計画および治療目標のディスカッションした（写真5）。また、この形状データを利用して、VRによる多様な画像によって、多方向から任意の拡大率で立体的な検討が可能となった。また、資料を浮かべた仮想空間に、数人でVRゴーグルとハンドセット、マイク、スピーカを用いて入室し、身振り手振りも交えた遠隔でのディスカッションを行った（写真6）。次に、これらのデータにおいて計測値に差異が生じていないかを検証した。

1: Minorセグメントの干渉量の測定

2jaw surgeryにてSTOを作製した3症例（症例A~C）を対象とした。下顎右側のSet Back量とMinorセグメントの干渉量を測定するために、Minorセグメントと下顎体の重なり合う部分の抽出を行った（以下干渉部：写真7）。STO作成時の三次元基準平面を参考にして、干渉部の幅径（計測①）と頬側面の長径（計測②）を測定した（写真8~10）。

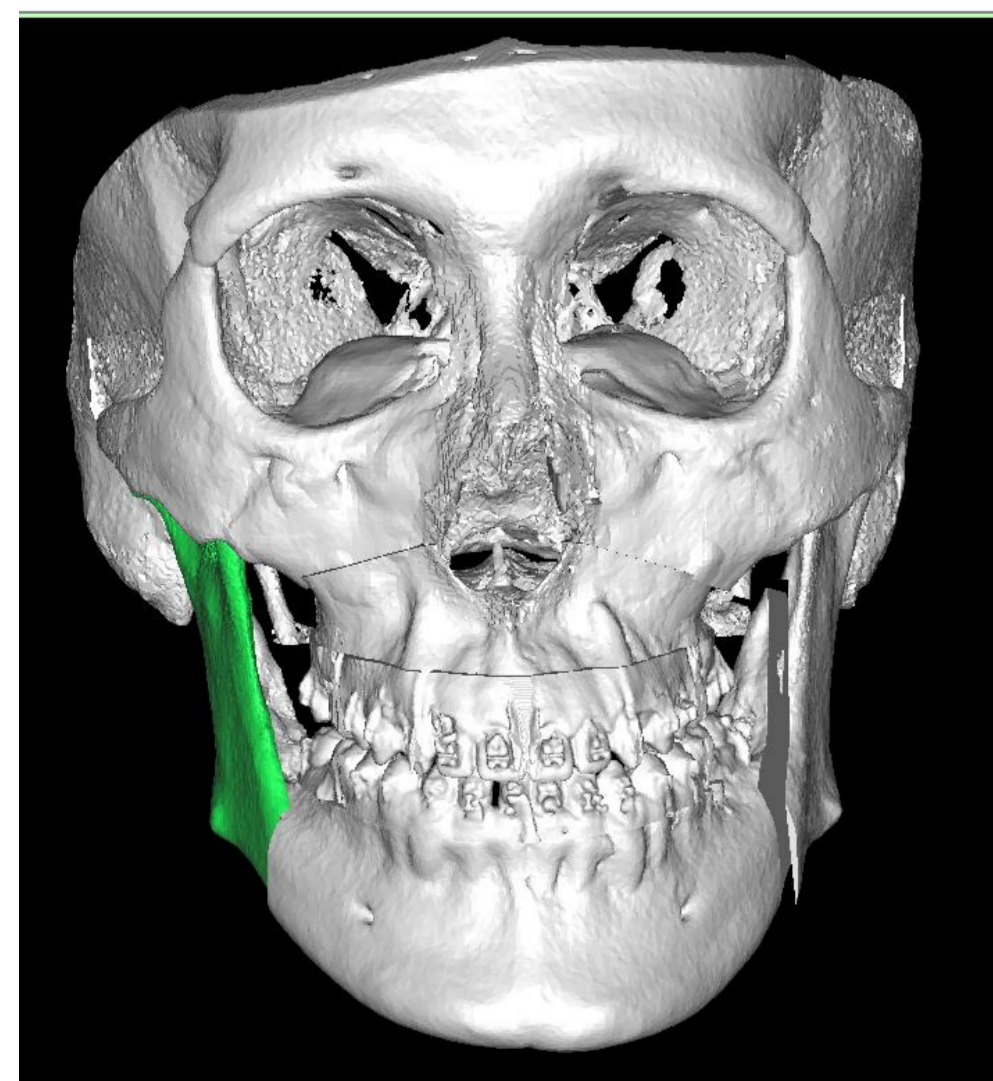


写真7: ソフト上の右側骨片（緑）と干渉部（赤）

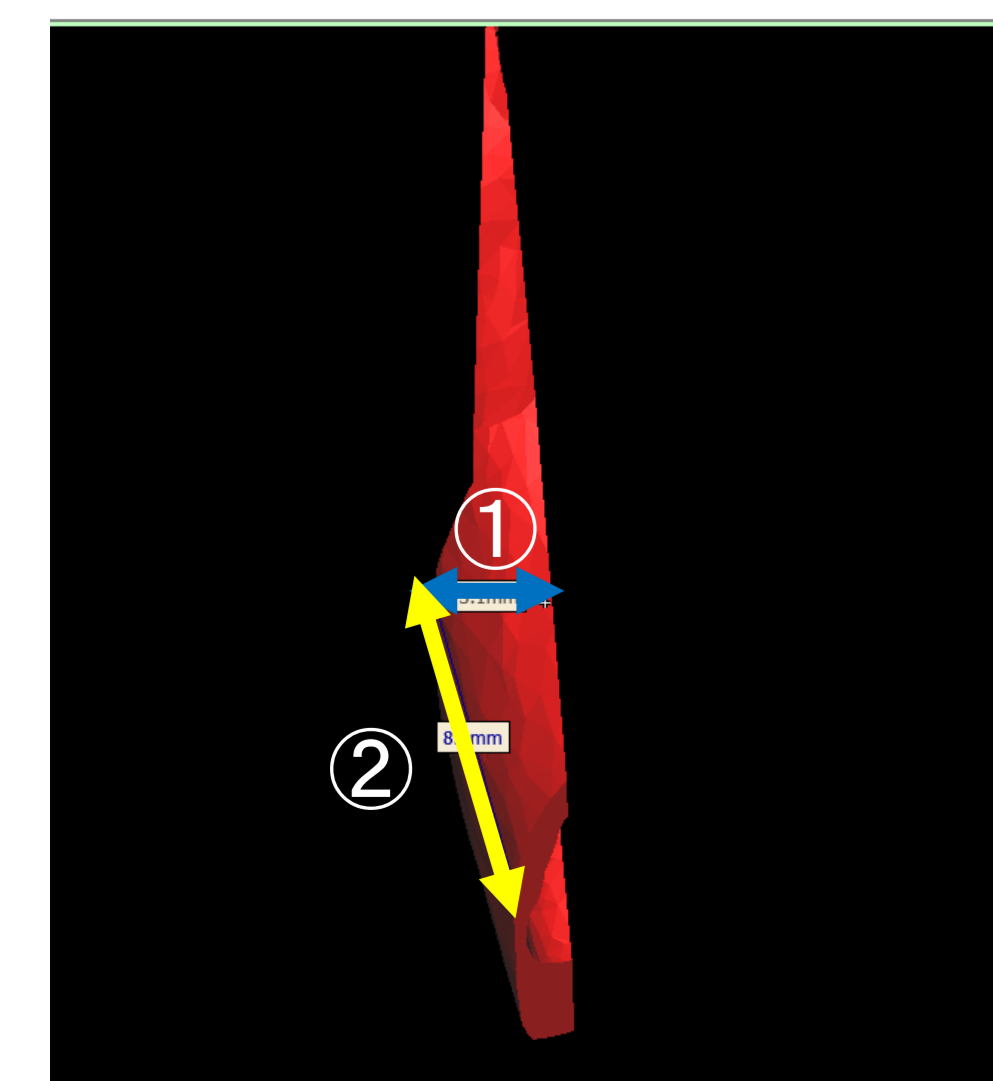
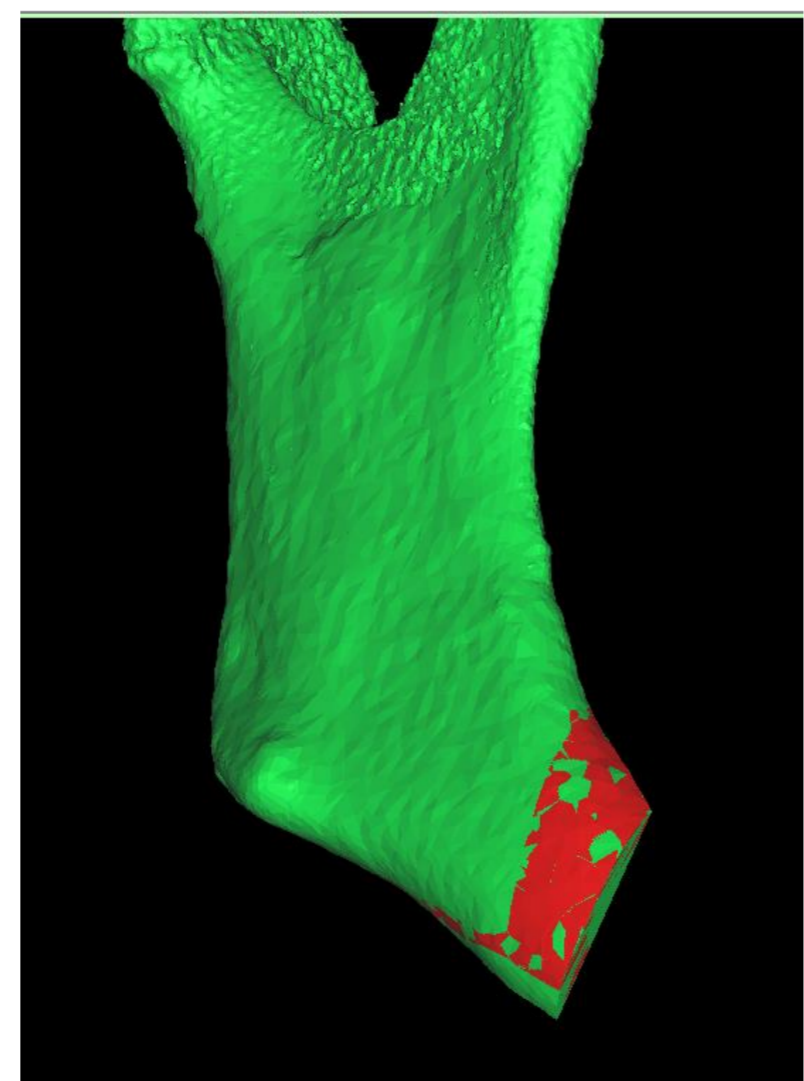
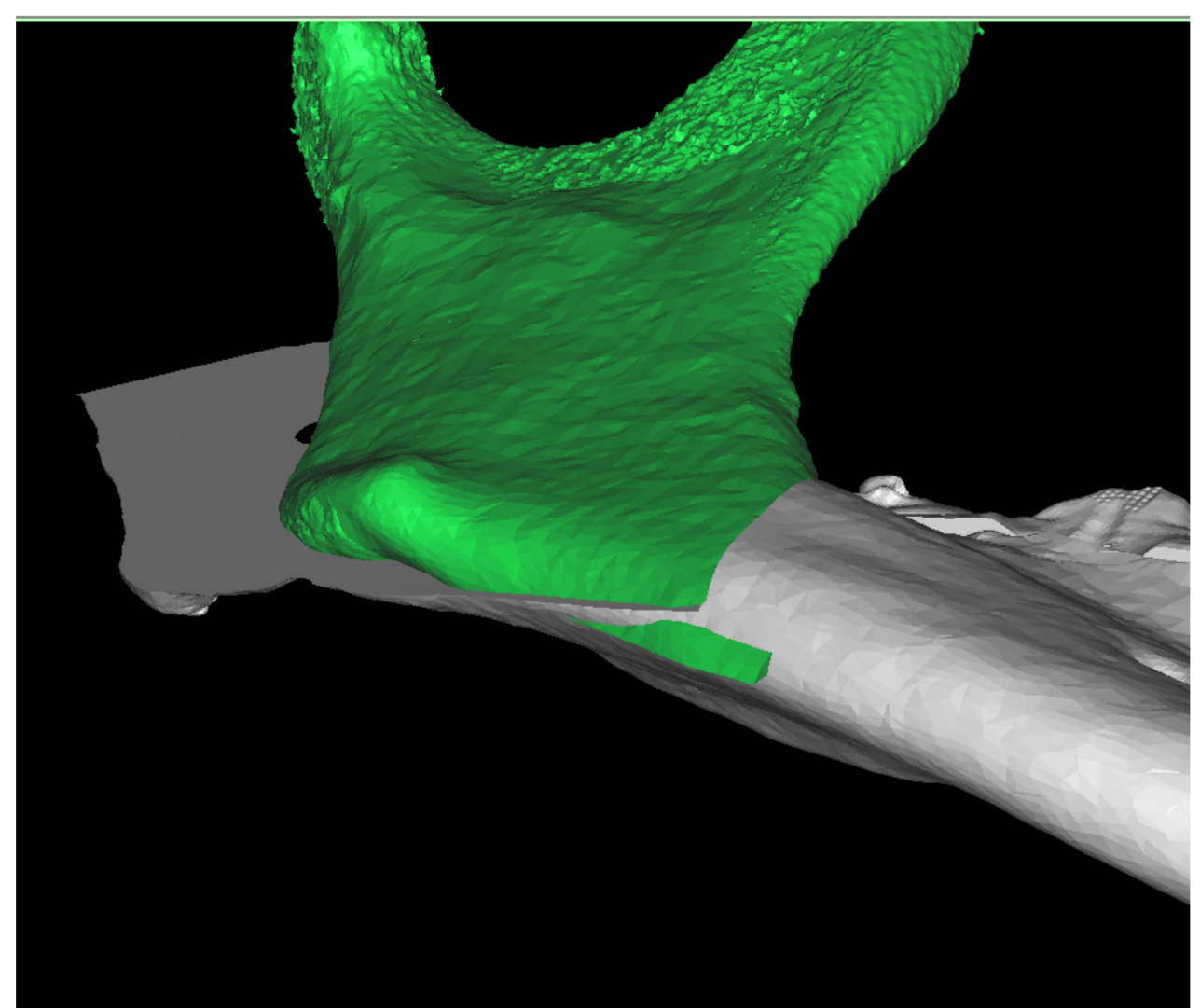


写真8: ソフト上の干渉部の幅径（①：青）と長径（②：黄色）



写真9: VR上の干渉部（二次元画面上）



写真10: 干渉部の実体模型

2: 上顎骨のアドバンス量の測定

上顎骨の前方移動量についてディスカッションをする際に、二次元画面上でのコミュニケーションが難しかった2症例（症例D,E）を対象とした。上顎の右側について、固定用プレート走行部相当部位のアドバンス量（計測③）を測定した（写真11~13）。

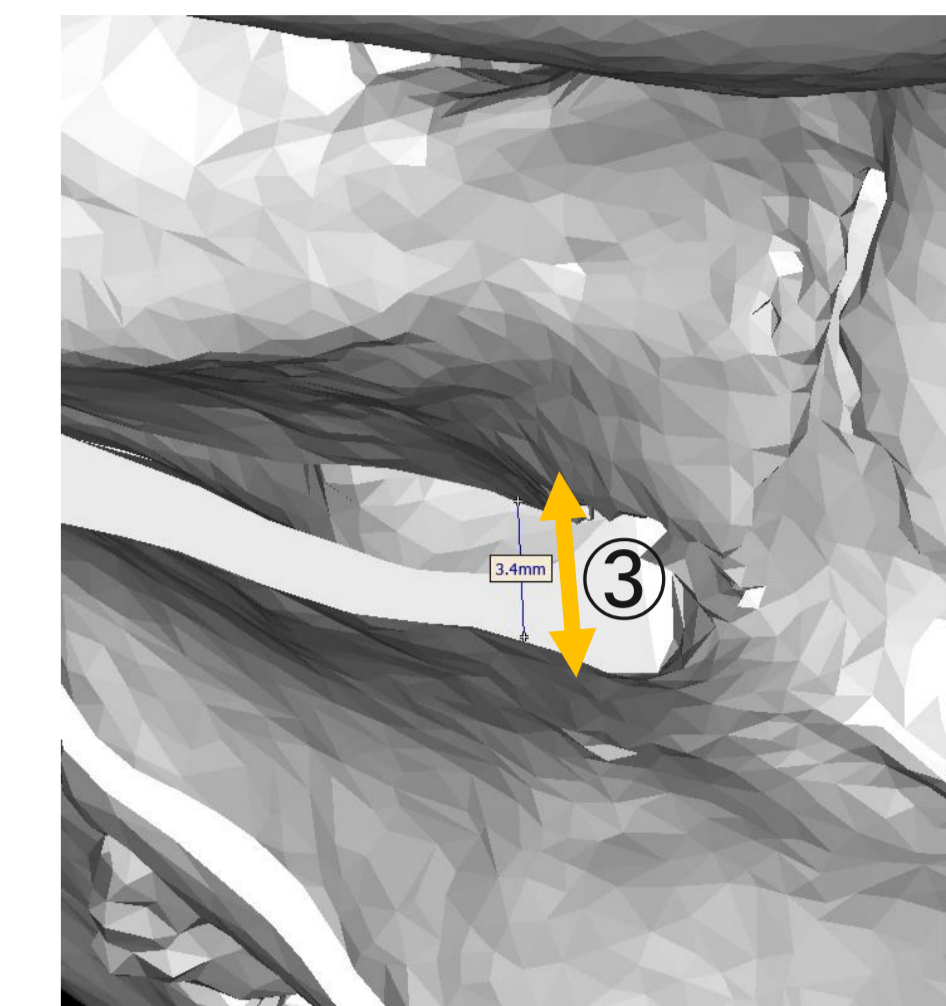
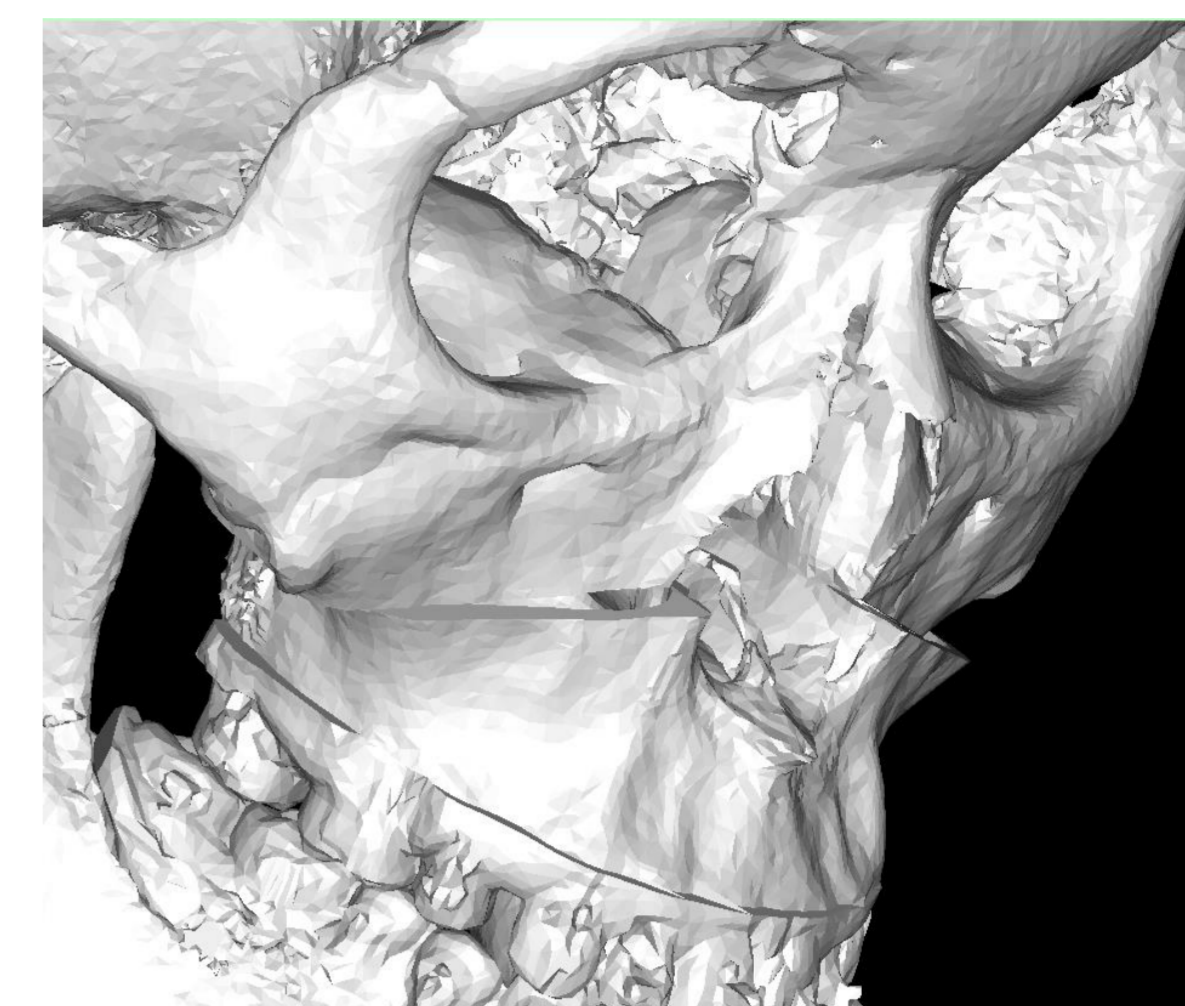
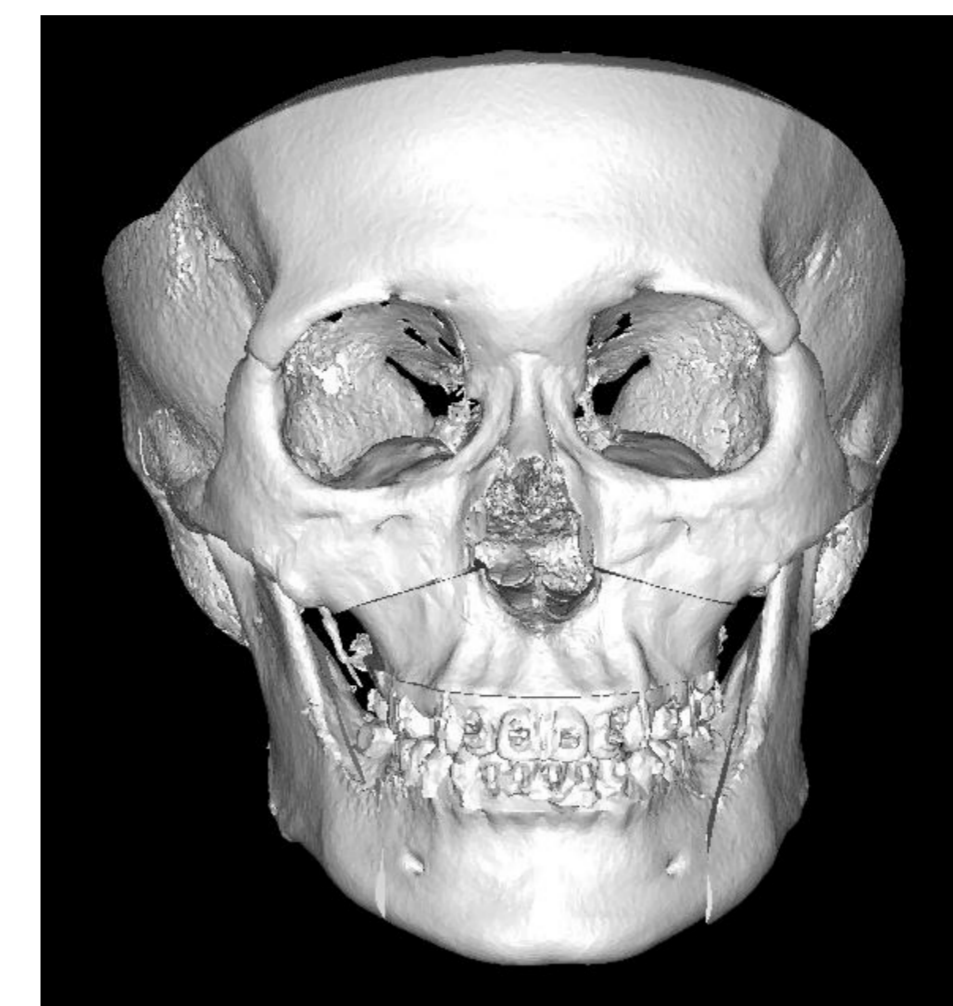


写真11: ソフト上の頭蓋骨とアドバンス量（③：オレンジ）

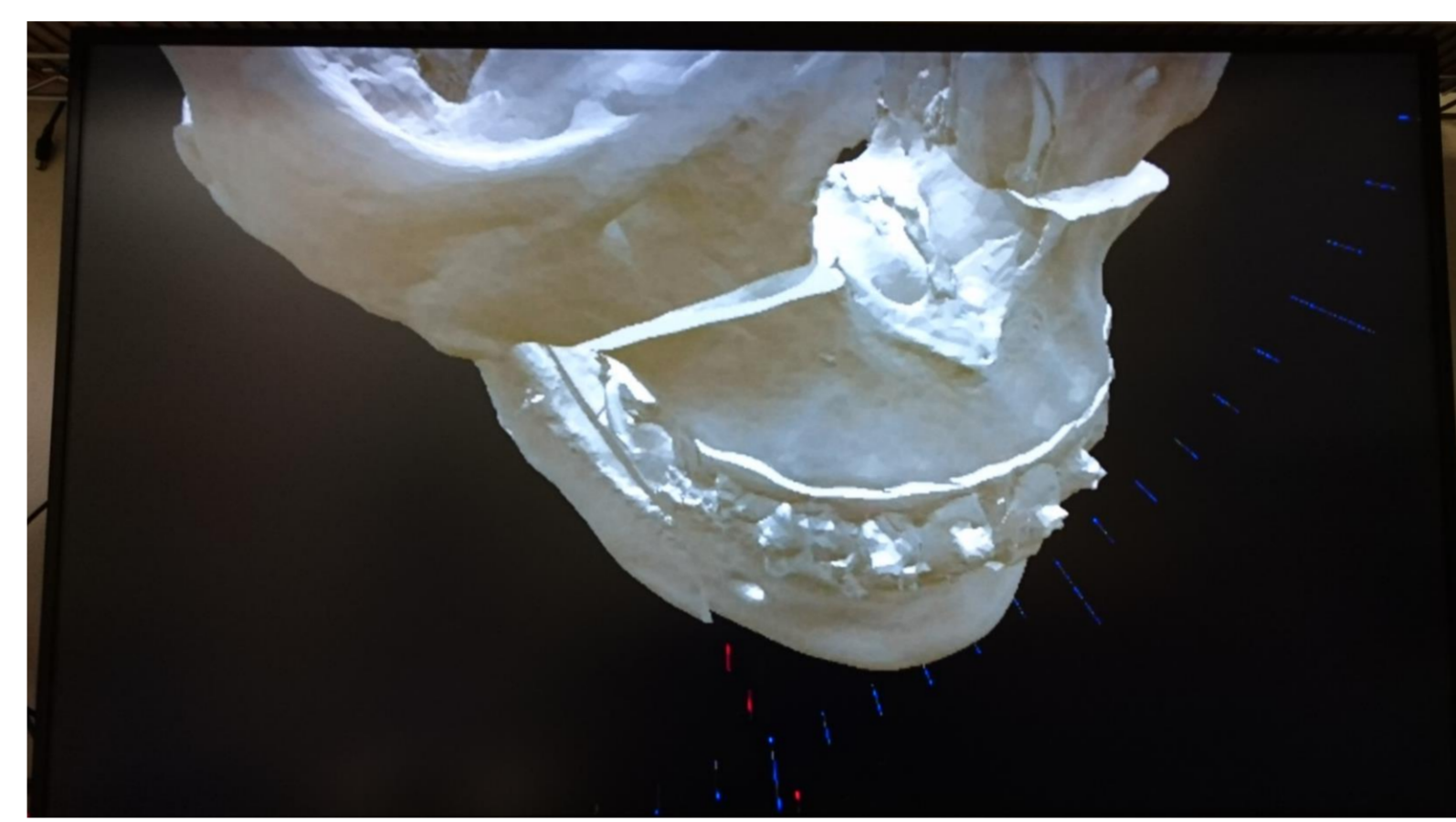


写真12: VR上の頭蓋骨（二次元画面上）

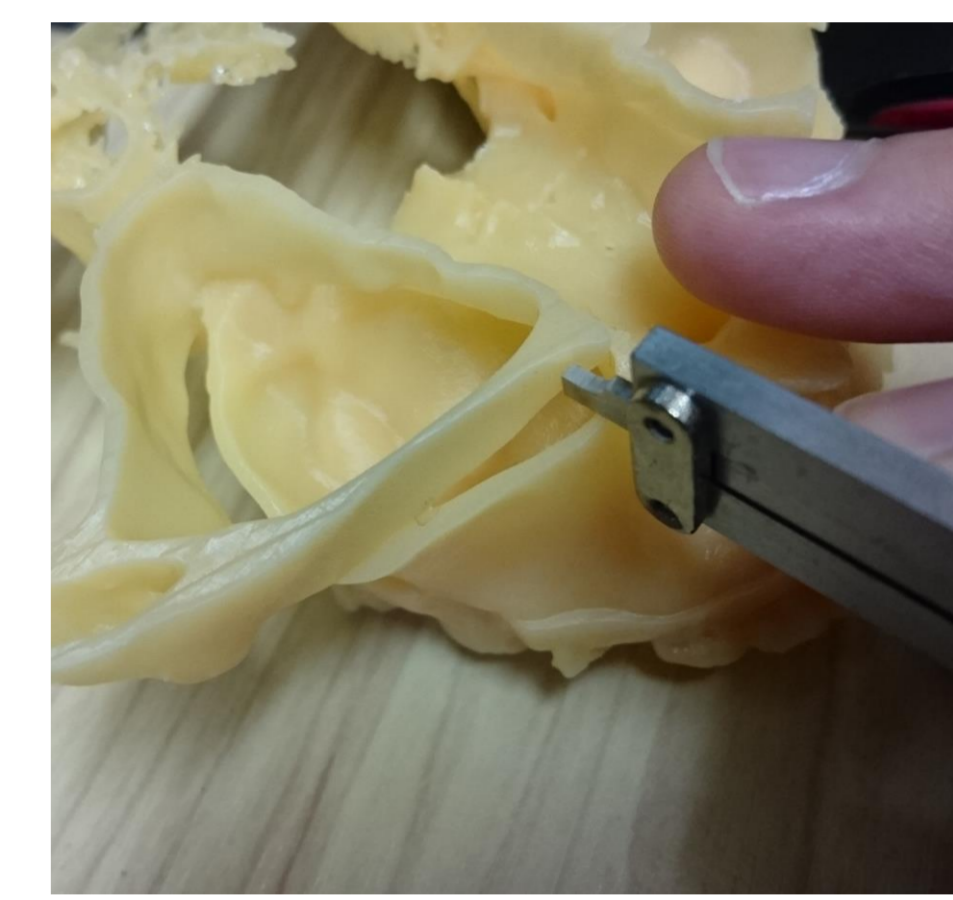


写真13: 実体模型上でのアドバンス量測定

II) 各装置における計測値の比較

ソフトにより二次元画面上で表示される頭蓋骨と、VR上で表示される頭蓋骨および3Dプリンタにより出力した頭蓋骨において、①~③を計測するために、おおよそ同一と考えられる箇所をそれぞれポインティングし、距離を計測した。各計測は同一の計測者が行い、10回ずつ計測し、平均と分散を求め、比較を行った。

【結果】

すべての計測において、各装置の計測値の平均値の差は0.2mm以下であった。また、すべての計測において、VR上での計測がソフト上での計測と実体模型上での計測と比較して、有意に分散が小さかった。（F検定 p<0.05）

1.計測①結果

A-①	平均	分散	B-①	平均	分散	C-①	平均	分散
ソフト	3.04	$1.56 \times 10E-2$	ソフト	2.15	$1.64 \times 10E-2$	ソフト	1.54	$1.95 \times 10E-2$
実体模型	3.00	$1.82 \times 10E-2$	実体模型	2.11	$1.96 \times 10E-2$	実体模型	1.58	$1.93 \times 10E-2$
VR	2.96	$9.05 \times 10E-4$	VR	2.08	$9.34 \times 10E-4$	VR	1.49	$9.78 \times 10E-4$

表1: 各装置における計測①の平均と分散 *p<0.05

2.計測②結果

A-②	平均	分散	B-②	平均	分散	C-②	平均	分散
ソフト	8.27	$4.56 \times 10E-3$	ソフト	4.34	$5.55 \times 10E-3$	ソフト	53.3	$5.56 \times 10E-3$
実体模型	8.07	$6.92 \times 10E-3$	実体模型	4.32	$7.25 \times 10E-3$	実体模型	53.4	$7.82 \times 10E-3$
VR	8.16	$1.43 \times 10E-3$	VR	4.38	$9.88 \times 10E-4$	VR	53.3	$1.39 \times 10E-3$

表2: 各装置における計測②の平均と分散 *p<0.05

3.計測③結果

D-③	平均	分散	E-③	平均	分散
ソフト	3.43	$6.78 \times 10E-3$	ソフト	4.45	$8.55 \times 10E-3$
実体模型	3.34	$1.23 \times 10E-2$	実体模型	4.40	$1.88 \times 10E-2$
VR	3.42	$8.74 \times 10E-4$	VR	4.41	$8.89 \times 10E-4$

表3: 各装置における計測③の平均と分散 *p<0.05

【考察】

CGを用いた仮想手術を行い、VRによる多様な画像によって、手術計画および治療目標のディスカッションができた。VR技術による可視化により、多方向から立体的な検討が可能であった。また、資料を浮かべた仮想空間に、VRゴーグルとハンドセット、マイク、スピーカを用いて入室することにより、身振り手振りも交えて遠隔でのディスカッションも可能であった。

精度検証については、3つの異なる計測項目において、ソフト上の計測、実体模型上の計測およびVR上の計測、それぞれ10回ずつの計測の平均が0.2mm以内であった。このことから、各装置において、おおよそ同一と考えられる箇所の計測ができたと考えられる。また、VR上での計測における分散が小さかった理由としては、VR上では計測部位を拡大しながら計測することで、計測時のポインティングが安定したためと考えられる。ソフト上で計測部位を拡大すると、画面いっぱいになり計測部位が表示される。それに対して、VR上では、部位拡大後も全体像が視野に入るため、計測部位がより把握しやすいと感じた。

また、VR上での計測は小数点以下5桁まで表示されるが、ソフト上では小数点以下1桁、ノギスでは小数点以下2桁までであったため、分散の差が生じたと考えられる。

VR技術や実体模型を用いることで、口腔外科医と矯正歯科医のディスカッションが、双方にとって、より分かりやすいものになったと考える。口腔外科医と矯正歯科医の認識の差を埋めることは、精密な顎変形症の手術を行う際に必須である。認識の差を埋めるためには、ディスカッションが必要であり、適切なデバイスを用いたディスカッションは有用であると考えられる。

3DCGの活用を二次元画面上でとどめるだけではなく、立体視や実体模型を作製するといった、三次元的な応用に広げることが必要であると考えられる。

【結論】

CGによる仮想手術、VR上で立体視や実体模型による立体化により、二次元画面上では認識しにくい骨片の干渉の位置や大きさ、移動量を測定することは有用だと考える。

本研究に関し、開示すべき利益相反(COI)はない。